

(51)

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



DT 26 03 505 A 1

# Offenlegungsschrift 26 03 505

(11)

(21)

(22)

(43)

Aktenzeichen: P 26 03 505.2-41

Anmeldetag: 30. 1. 76

Offenlegungstag: 11. 8. 77

(30)

Unionspriorität:

(32) (33) (31) —

(54)

Bezeichnung: Flachmembranmodul für Trennvorgänge in der Flüssigphase

(71)

Anmelder: Jenaer Glaswerk Schott & Gen., 6500 Mainz

(72)

Erfinder: Schnabel, Roland, Dipl.-Chem. Dr., 6238 Hofheim

Prüfungsantrag gem. § 28 b PatG ist gestellt

DT 26 03 505 A 1

BEST AVAILABLE COPY

Patentansprüche

1. Flachmembranmodul für Trennvorgänge in der Flüssigphase, bestehend aus einer Anzahl in gegenseitigem Abstand voneinander angeordneter, membranüberzogener, poröser Sammelplatten, deren druckdicht abgeschlossene Zwischenräume von einer Flüssigkeitseintrittsöffnung aus in Richtung auf eine Flüssigkeitsaustrittsöffnung von einer zu trennenden Ausgangsflüssigkeit durchströmt werden, wobei der durch die Membranen hindurchtretende Anteil als Permeat innerhalb der porösen Sammelplatten gesammelt und abgeleitet wird, dadurch gekennzeichnet, daß die porösen Platten (1) aus einem anorganischen, chemisch neutralen und hochdruckfesten Material, wie z.B. Glasfritten, porösem Aluminiumoxid, porösem Titandioxid, porösem Zirkonoxid oder Siliziumdioxid bestehen, und daß die Sammelplatten (1) im wesentlichen glatte Oberflächen besitzen.
2. Flachmembran nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Poren der porösen Sammelplatten (1, 10) Durchmesser zwischen 1  $\mu$ m und 1000  $\mu$ m aufweisen.
3. Flachmembranmodul nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Membranen (5) auf den Oberflächen der Sammelplatten (1, 10) gebildet sind und mit diesen eine zusammenhängende Einheit darstellen.

4. Flachmembranmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Querschnitt des Zwischenraumes (9) zwischen zwei aufeinanderfolgenden Sammelplatten (1, 10) senkrecht zur mittleren Strömungsrichtung an jeder Stelle zwischen Flüssigkeitseintrittsöffnung (18) und Flüssigkeitsaustrittsöffnung (19) im wesentlichen das gleiche Flächenmaß besitzt.
5. Flachmembranmodul nach Anspruch 4 mit im wesentlichen runden oder elliptischen Sammelplatten, bei denen die Flüssigkeitsein- und -austrittsöffnungen (2, 18, 19) in der Nähe des Plattenrandes angeordnet sind und sich in Richtung eines Plattendurchmessers wechselweise diametral gegenüberliegen, dadurch gekennzeichnet, daß die Höhe (20) jedes dieser senkrecht zur Strömungsrichtung verlaufenden Querschnitte eines Plattenzwischenraumes (9) von der Mitte (20a) zum Plattenrand (20b) hin zunimmt.
6. Flachmembranmodul nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Höhe des Zwischenraumes (9) zwischen zwei Sammelplatten von der Plattenmitte (20a) zum Plattenrand (20b) hin in jeder Richtung zunimmt.
7. Flachmembranmodul nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die einander zugewandten Oberflächen zweier aufeinanderfolgender Sammelplatten (1) konvex gekrümmt sind.

8. Flachmembranmodul nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß von den einander zugewandten Oberflächen zweier aufeinanderfolgender Sammelplatten die eine eben und die andere konvex gekrümmt ist.
9. Flachmembranmodul nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß von den einander zugewandten Oberflächen zweier aufeinanderfolgender Sammelplatten die eine konvex und die andere konkav gekrümmt ist, wobei die konvexe Krümmung stärker als die konkave ist.
10. Flachmembranmodul nach einem der Ansprüche 4 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die einander zugewandten Oberflächen zweier aufeinanderfolgender Sammelplatten (1) in ihrer Krümmung so ausgebildet sind, daß für den durch sie begrenzten Zwischenraum (9) zwischen der Flüssigkeitseintrittsöffnung (18) und der Flüssigkeitsaustrittsöffnung (19) das Verhältnis von Strömungslänge zu hydraulischem Durchmesser konstant ist.
11. Flachmembranmodul nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchmesser der Sammelplatten (1, 10) zwischen 40 mm und 600 mm beträgt und die Dicke der Sammelplatte am Rande zwischen 1 mm und 20 mm und in der Mitte zwischen 1,5 mm und 30 mm beträgt.

12. Flachmembranmodul nach einem der Ansprüche 6 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der zwischen zwei Sammelplatten (1, 10) gebildete Zwischenraum (9) eine kleinste Höhe von 0,25 mm bis 10 mm und eine größte Höhe von 0,5 mm bis 20 mm besitzt.
13. Flachmembranmodul nach einem der Ansprüche 5 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Ränder der porösen Sammelplatten (1, 10) mit Reifen (6) von etwa U-förmigem Querschnitt umgeben sind, dessen Schenkel mit wulstartigen Dichtungen (7) versehen sind, die einerseits an der Plattenoberfläche und andererseits zur Abdichtung des Zwischenraumes (9) zwischen zwei Sammelplatten (1, 10) an der entsprechenden Dichtung (7) der nächstfolgenden Sammelplatte (1) anliegen.
14. Flachmembranmodul nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß sich zwischen dem Rand der Sammelplatte (1) und diesem Reifen (6) ein ringförmiger Kanal (21) zum Aufnehmen des aus der Sammelplatte (1) austretenden Permeats befindet, und daß dieser Kanal (21) mit einer durch den Reifen (6) hindurchführenden Permeatableitung (8) versehen ist.
15. Flachmembranmodul nach einem der Ansprüche 5 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß diese Flüssigkeitseintrittsöffnung (18) bzw. Flüssigkeitsaustrittsöffnung (19) im Falle des Flüssigkeitsübertritts von einem Zwischenraum (9) in den nächstfolgenden Zwischenraum (9) aus einer in der diese Zwischenräume trennenden Sammelplatte (1) angeordneten Bohrung besteht, durch welche eine Metall- oder Kunststoffhülse (2)

geführt ist, deren umgebördelte Enden je mit einer wulst-artigen Dichtung (3) versehen sind, durch welche die um die Bohrung verlaufende Membrankante abdichtend gegen die Oberfläche der Sammelplatte (1) gedrückt wird.

16. Flachmembranmodul nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß je nach gewünschter Durchströmungsfolge eine oder mehrere Bohrungen in den Sammelplatten durch Blindstopfen verschlossen sind.
17. Flachmembranmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die erste und die letzte Sammelplatte (15) zur Druckentlastung an ihrer Außenseite mit einer dicht anliegenden Stützplatte (16) hinterlegt sind.
18. Flachmembranmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß zur Druckentlastung des Moduls jeweils mehrere Zwischenräume parallel mit der Zuleitung (11, 13) für die Ausgangsflüssigkeit verbunden sind.

2603505

6

JENAer GLASWERK  
SCHOTT & GEN.

6500 M a i n z  
Hattenbergstr. 10

P 472

Flachmembranmodul für Trennvorgänge in der  
Flüssigphase

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Flachmembranmodul für Trennvorgänge in der Flüssigphase, welcher im wesentlichen aus einer Anzahl von membranüberzogenen porösen Platten besteht, deren druckdicht abgeschlossene Zwischenräume von einer Ausgangsflüssigkeit durchströmt werden, wobei der durch die Membranen hindurchtretende Anteil als Permeat innerhalb der porösen Platten gesammelt und abgeleitet wird.

709832/0383

- 2 -  
7

Die Membrantechnologie hat seit der Entdeckung von druckstabilen Membranen als neues Verfahren eine ständig wachsende Bedeutung bekommen. Der Einbau der Membranen in Geräte wird in unterschiedlichster Weise durchgeführt, indem die Formgebung der Membran und die Strömungsführung variiert werden. Zum Einsatz kommen Rohrmoduln, Spiralmoduln, Hohlfasermoduln und Flachmembranmoduln. Nachteilig bei den meisten Modularten ist bisher der entweder unhandliche oder, wirtschaftlich gesehen, teure Austausch der Membran.

Im Hinblick auf einen einfachen und billigen Membranaustausch haben sich Flachmembranmoduln als vorteilhaft erwiesen, da bei Schadhafwerden einer Membran die die Membran tragende poröse Platte lediglich mit einer neuen Membran belegt zu werden braucht, ohne daß auch der Trägerkörper ausgewechselt werden muß. Infolge des zum Inneren der porösen Platte gerichteten Druckgefälles legt die Membran sich von selbst an die Plattenoberfläche an. Ein Nachteil von Flachmembranmoduln ist der gegenüber anderen Modularten relativ große Raumbedarf bei gegebener Filterfläche. Flachmembranmoduln sind meist so aufgebaut, daß die einzelnen membranüberzogenen Platten stapelartig in gewissem, gegenseitigem Abstand parallel zueinander angeordnet sind. Die Ausgangsflüssigkeit bzw. das Retentat strömen dabei üblicherweise von einer Seite des Moduls zwischen zwei benachbarten Platten in Richtung auf die gegenüberliegende Modulseite, treten dort durch eine entsprechende Öffnung in den sich anschließenden Zwischenraum über und strömen hier in entgegengesetzter Richtung wieder zur ersten Modulseite zurück.



Für einen optimalen Membranaustausch ist es aber erforderlich, daß die Flüssigkeit in turbulenter Strömung überall mit gleicher Geschwindigkeit über die Membranoberfläche hinwegströmt. Bei einem zylindrischen Modul ist diese Voraussetzung infolge der starken Erweiterung und Verengung eines als Kreisscheibe ausgebildeten Strömungskanals, der in Richtung eines Durchmessers durchflossen wird, nicht ohne weiteres gegeben.

Bekannte Modulausführungen verwenden daher jeweils zwischen den porösen Platten zusätzlich angeordnete Leitplatten mit beispielsweise reliefartig eingearbeiteten Führungskanälen, welche eine solche Zwangsführung der Strömung bewirken sollen, daß alle Membranstellen mit möglichst gleicher Geschwindigkeit überströmt werden. Eine solche Ausführung ist kompliziert und teuer und erhöht den bei Flachmembranmodulen bereits nachteilig hohen spezifischen Raumbedarf noch mehr.

Aus der CH-PS 542 639 ist ein Vorschlag bekannt, die porösen Platten selbst mit strömungsleitenden Oberflächenprofilen auszubilden, über welche eine doppelagige Membran gelegt wird, die sich unter dem herrschenden Druckgefälle der profilierten Oberfläche anpassen soll.

Diese bekannten Ausführungen weisen erhebliche Nachteile auf. Das für die porösen Platten allgemein verwendete Kunststoffmaterial ist nur für begrenzte Drücke zu verwenden. Wird ein bestimmtes Druckniveau überschritten, so tritt infolge des Druckgefälles zwischen dem Plattenzwischenraum und dem Inneren der Platten eine Verdichtung des porösen Plattenmaterials ein, die

sich nachteilig auf die Permeatleistung auswirkt. Besonders störend ist dieser Effekt bei der Abtrennung kleinerer Moleküle und bei der Hyperfiltration, wo mit hohen Drücken gearbeitet werden muß.

Weiterhin hat sich herausgestellt, daß bei den bekannten Vorrichtungen sowohl bei Verwendung getrennter Strömungsplatten als auch bei Leitprofilen, die in die Oberfläche der porösen Platten eingearbeitet sind, keine gleichmäßig turbulente Überströmung der Membranflächen erzielt wird.

Bei porösen Platten mit eingearbeiteten Oberflächenprofilen ergibt sich zusätzlich die Schwierigkeit, daß die semipermeablen Membranen, die meist aus polymeren Materialien wie etwa Celluloseazetat oder Polyamid bestehen, beim dichten Anschmiegen an die Oberflächenprofile örtlich gedehnt und stark mechanisch beansprucht werden.

Ziel der vorliegenden Erfindung ist daher ein Flachmembranmodul ohne die erwähnten Nachteile, dessen poröse Membranträger formstabil und hochdruckfest sind; dessen Raumbedarf durch Vermeidung von zusätzlichen strömungsleitenden Einbauten gering gehalten werden kann, und dessen Membranen nicht örtlich gedehnt oder überbeansprucht werden.

Dieses Ziel wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß die porösen Sammelplatten aus einem anorganischen, chemisch neutralen und hochdruckfesten Werkstoff wie Glasfritten, porösem Aluminiumoxid, porösem Zirkonoxid, porösem Titandioxid oder

Siliziumdioxid bestehen und mit im wesentlichen glatten Oberflächen versehen sind, die jedoch in ihrer Formgebung so gestaltet sind, daß in dem durch zwei sich einander gegenüberliegende Plattenoberflächen begrenzten Zwischenraum an jeder Stelle im wesentlichen die gleiche Strömungsgeschwindigkeit herrscht.

Gegen die Verwendung der erfindungsgemäßen druckstabilen Werkstoffe für poröse Membranträger in Flachmembranmoduln haben Vorurteile bestanden, da die Biegefestigkeit dieser Werkstoffe bei den meist hohen erforderlichen Drücken nicht als ausreichend angesehen wurde. Es hat sich jedoch herausgestellt, daß bei zweiseitiger Beaufschlagung der porösen Trägerplatten und durch deren erfindungsgemäße Formgebung die Biegekräfte so gering gehalten werden können, daß keine Gefahr für den Bruch der Sammelplatten besteht.

Der Porendurchmesser der erfindungsgemäß verwendeten Materialien kann zwischen 1  $\mu$ m und 1000  $\mu$ m liegen. Die porösen Sammelplatten mit im wesentlichen glatten Oberflächen zu versehen, entspricht nicht nur der strömungstechnischen Gestaltung des erfindungsgemäßen Flachmembranmoduls, sondern bietet auch erhebliche fertigungstechnische Vorteile, insbesondere in Verbindung mit den verwendeten harten Werkstoffen.

Die Verwendung von Frittenplatten, insbesondere solchen aus Glas, bietet insgesamt folgende Vorteile:

- Geringe Einbaustärke, dadurch gute Raumnutzung
- Druck- und Formstabilität
- Temperaturbeständigkeit, daher Sterilisierungsmöglichkeit

- Weitgehende chemische Neutralität
- Mikrobiologische Resistenz
- Weitgehende Wahlmöglichkeit der Porösität zur Beeinflussung des Druckabfalls innerhalb der Platten
- Verwendbarkeit der Platten als direkte Unterlage bei der Herstellung der Membranfolien.

Bei bevorzugten Ausführungsformen von Flachmembranmodulen werden elliptische oder kreisförmige Sammelplatten verwendet, welche in der Nähe ihres Randes eine Durchtrittsöffnung für die Flüssigkeit von einem Plattenzwischenraum in den nächstfolgenden aufweisen. Die Durchtrittsöffnungen aufeinanderfolgender Platten liegen sich normalerweise abwechselnd diametral gegenüber, so daß die Flüssigkeit in dem Zwischenraum zwischen zwei Platten von einer Modulseite zur anderen strömt.

Eine Voraussetzung für überall gleiche Strömungsgeschwindigkeit ist die Bedingung, daß der Strömungskanal senkrecht zur mittleren Strömungsrichtung im wesentlichen überall gleiche Querschnittsflächen aufweist. Wegen der starken Verbreiterung eines Strömungskanals mit kreisförmiger oder elliptischer Grundfläche ist dessen Höhe am mittleren Bereich durch einen erfindungsgemäß kleineren Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Sammelplatten so verringert, daß sich überall eine gleiche Querschnittsfläche ergibt. Diese Bedingung ist für eine überall gleiche Strömungsgeschwindigkeit jedoch noch nicht ausreichend, da der Strömungsweg und damit auch der Strömungswiderstand von der Plattenmitte zum Plattenumfang hin zunimmt. Dieser Unterschied wird erfindungsgemäß dadurch kompensiert, daß sich die Höhe des Strömungskanals auch quer zur Strömungsrichtung von der Plattenmitte zum Plattenrand hin vergrößert. Das bedeutet, daß der Zwischenraum zwischen zwei aufeinanderfolgenden Sammelplatten erfindungsgemäß so ausgebildet ist, daß seine Höhe von

der Modulmitte zum Umfang hin in allen Richtungen zunimmt. Dies wird dadurch erreicht, daß zwei einander zugewandte Plattenoberflächen entweder beide konvex, eine eben und die andere konvex, oder eine konkav und die andere konvex ausgebildet sind, wobei im letzteren Fall die konvexe Krümmung jedoch stärker als die konkave sein muß.

Eine bevorzugte Ausführungsform besteht darin, daß beide einander zugewandten Plattenoberflächen in gleicher Weise konvex ausgebildet sind, so daß jede Platte ihrerseits zwei gleiche konvexe Oberflächen besitzt. Diese Formgebung ist allein schon aus Gründen der gleichmäßigen Druckverteilung zweckmäßig.

Um so weitgehend wie möglich eine überall gleiche Strömungsgeschwindigkeit zu erzielen, sind die Krümmungen der Plattenoberflächen sowie der Abstand der Platten voneinander so ausgeführt, daß in dem zwischen zwei Platten gebildeten Strömungskanal das Verhältnis von Strömungslänge zu hydraulischem Durchmesser überall konstant ist.

Die Krümmung der Fritten zur Ausbildung des optimalen Strömungsverhaltens läßt sich für den jeweiligen Anwendungsfall ermitteln, wobei eine optimale gleichmäßige Strömung nur bei turbulentem Strömungsverhalten erreicht wird. Hierdurch werden Ablagerungen auf der Membran vermieden; (bei laminarer Strömung ist die Strömungsgeschwindigkeit auf der Membranoberfläche nahe Null, so daß die Membran sehr schnell zugesetzt wird). Um gleichzeitig einen möglichst geringen Druckabfall zu erhalten, sollte vorzugsweise mit einer Reynold'schen Zahl von 3 000 gearbeitet werden.

Bei einer optimalen Reynold'schen Zahl von 3 000 muß auf der gesamten Platte dieselbe lineare Geschwindigkeit herrschen, d.h. der Druckabfall ist im wesentlichen eine Funktion der Länge des Strömungsweges und des hydraulischen Radius, wobei wegen der turbulenten Strömung die zu berücksichtigende

4. Wurzel aus der Reynold'schen Zahl durch die Festlegung auf  $Re = 3\ 000$  einen weiteren konstanten Faktor darstellt.

Da die Länge des Strömungsweges in radialer Richtung zunimmt, muß der hydraulische Radius ebenfalls größer werden, um zu einem konstanten Druckabfall zu kommen.

Die einzustellende lineare Geschwindigkeit richtet sich nach der Viskosität und läßt sich durch das By-Pass-Ventil regeln.

Die exakte Formgebung hängt von verschiedenen Konstruktionsparametern wie z.B. der genauen Lage der Flüssigkeitsein- und -austrittsöffnungen ab und kann nur für den Einzelfall genau errechnet werden, wobei im Idealfall auch der Flüssigkeitsabgang durch die Membran zu berücksichtigen ist.

Wichtig ist, daß die Strömung über den Membranoberflächen überall turbulent und durch eine konstante Reynoldszahl gekennzeichnet ist. Diese kann beispielsweise 3 000 betragen. Durch die Turbulenz der Strömung werden Ablagerungen auf den Membranen vermieden.

Weitere Merkmale des erfindungsgemäßen Flachmembranmoduls werden an einem bevorzugten Ausführungsbeispiel unter Hinweis auf die beigefügten Zeichnungen erläutert.

Es stellen dar:

- Fig. 1 einen schematischen Schnitt durch einen erfindungsgemäßen Flachmembranmodul;
- Fig. 2 die perspektivische Ansicht einer in der Mitte geschnittenen, erfindungsgemäßen porösen Sammelplatte;
- Fig. 3 einen Schnitt durch die Randeinfassung einer Sammelplatte;
- Fig. 4 einen vergrößerten Ausschnitt aus der Dichtung einer Plattendurchtrittsöffnung.

Der Strömungsverlauf ergibt sich aus Figur 1. Die durchströmende Flüssigkeit bildet sich selber einen Kanal (9) und wird aufgrund der Oberflächengeometrie der Platte (1) von der Eintrittsöffnung (18) zur Austrittsöffnung (19) gleichmäßig aufgrund der unterschiedlichen Höhe (20, 20a, 20b) und der unterschiedlichen Länge der Strömungswege über die Oberfläche transportiert. Um einen Druckabfall bei höherer Anzahl hintereinandergeschalteter Platten zu vermeiden, wird teilweise eine dieser Platten durch eine Anströmungsplatte (10) ersetzt. Diese besitzt keine Durchbohrung. Zur Zu- und Ableitung wird jeweils in die Randabdichtung (6) eine Zu- bzw. Abführung (11), (12) eingepaßt, die insgesamt an ein Zu- (13) bzw. Ableitungsrohr (14) angeschlossen sind. Zur Regulierung der Strömungsgeschwindigkeit über dem Modul sind die Zu- und Ableitungen über ein Ventil (17) verbunden, das als By-Pass-Ventil fungiert. Zur Vereinfachung des Systems können die Zu- und Ableitungsrohre (13), (14) auch zur Ausrichtung des Moduls benutzt werden. Der gesamte Plattenstapel wird in der von Filterpressen her bekannten Art zusammengedrückt, wobei die jeweiligen Endplatten (15) nur einseitig gekrümmt sind und aus Vollglas bestehen können. Die Druckübertragung erfolgt durch Metallplatten (16).

Figur 2: Die Platte (1) besteht aus hochdruckfestem porösem Material vorzugsweise Glas, das entsprechend zur Erreichung einer gleichmäßigen Strömungsverteilung konvex geformt ist. Die Oberfläche ist dabei blank poliert, so daß keine Verletzung der Membran entsteht.

An einer Seite ist die Platte durchbohrt. In die Bohrung wird zur Fixierung der Membran und, um ein Durchmischen des Permeats mit dem Retentat zu vermeiden, eine Metallhülse (2) gesteckt, an deren beiden Enden Dichtungsringe (3) fixiert sind, die außerdem Durchbrüche (4) haben können (s. auch Figur 4).

Die Membran (5) wird beidseitig auf die Trägerplatte fixiert und am Rand mit einer schließenden Kunststoffdichtung (6) umgeben, die außerdem als Sammelkanal (21) für das Permeat benutzt wird (s. auch Figur 3). Der Sammelkanal (21) kann auch aus Metall geformt sein, wobei die Kunststoffdichtungen (7) auf das U-förmige Profil aufgeschoben sind. In dem Sammelkanal befindet sich einseitig ein Ablauf für das Permeat (8).



2603505 - 17 -

Number:  
Int. Cl.2:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

26 03 505  
B 01 D 13/00  
30. Januar 1976  
11. August 1977

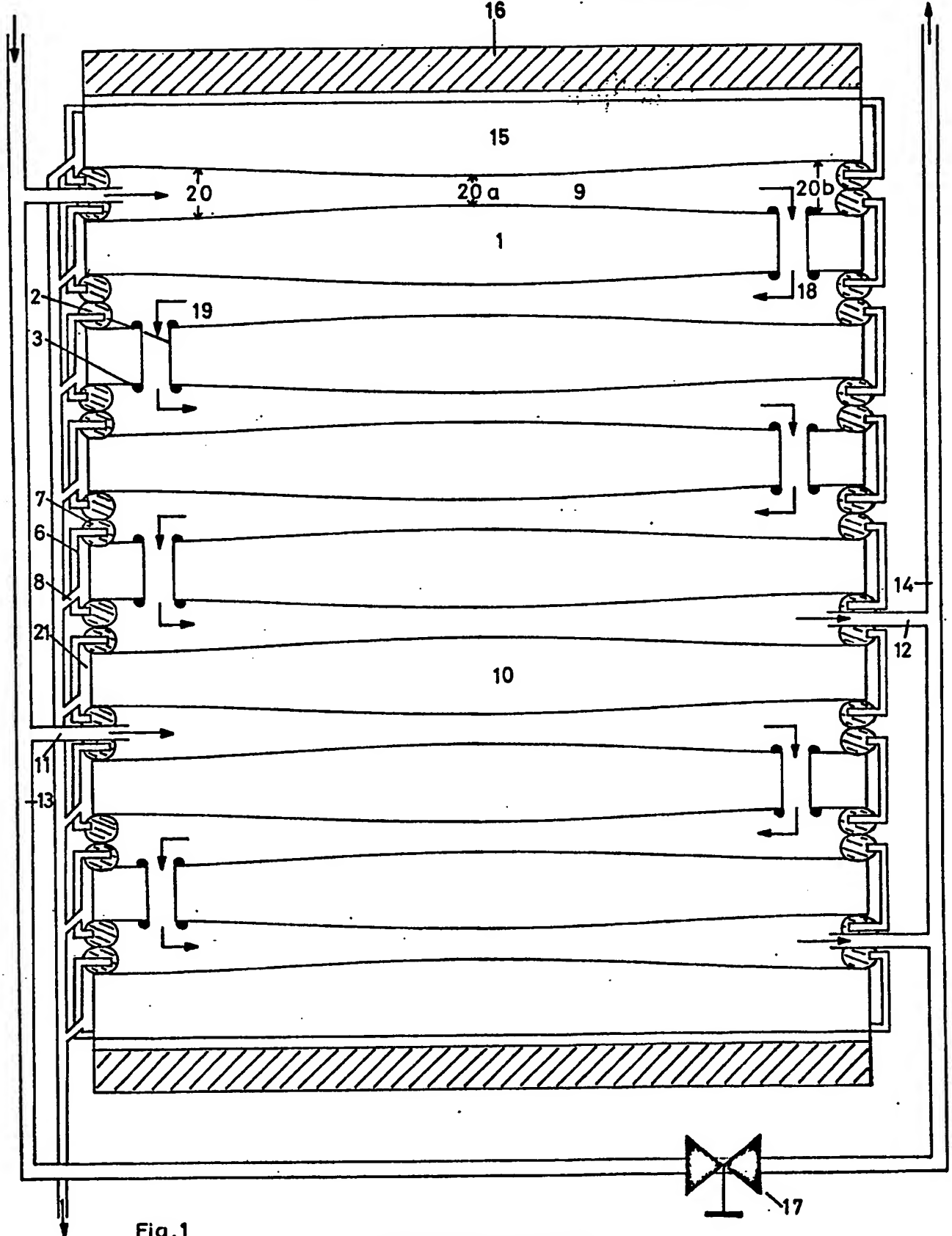


Fig.1

709832/0383

ORIGINAL INSPECTED

2603505

16.

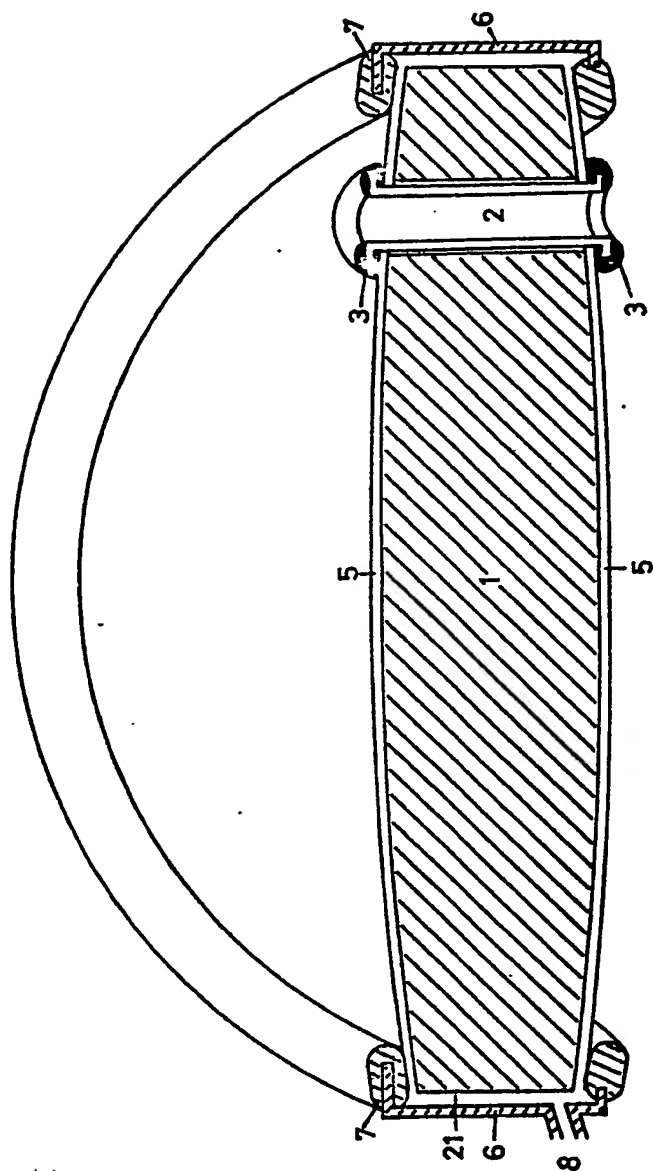


Fig. 2

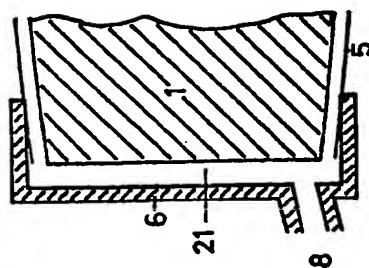


Fig. 3

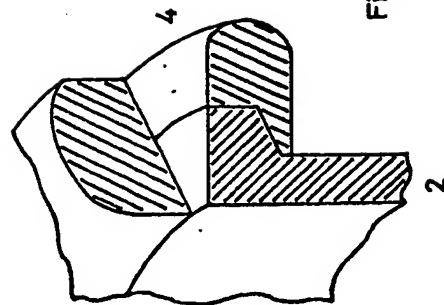


Fig. 4

709832/0383

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**